

This Page Is Inserted by IFW Operations
and is not a part of the Official Record

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning documents *will not* correct images,
please do not report the images to the
Image Problem Mailbox.

Brake control apparatus including duty controlled valve

Patent Number: ☐ US6179396
Publication date: 2001-01-30
Inventor(s): ITOH TAKAYUKI (JP); FUKAMI MASANOBU (JP); TOZU KENJI (JP); YOKOYAMA SATOSHI (JP)
Applicant(s): AISIN SEIKI (US)
Requested Patent: ☐ DE19860044
Application Number: US19980220600 19981228
Priority Number(s): JP19970356973 19971225
IPC Classification: B60T8/34; B60T8/48
EC Classification: B60T7/12, B60T8/32D14D, B60T8/48B4D2, B60T13/66B
Equivalents: ☐ JP11189138

Abstract

A brake control apparatus includes a first valve for opening and closing a main line, a pump having an inlet port and an outlet port to supply pressurized brake fluid to a point between the main line and the wheel cylinder, an auxiliary line Mfc connecting the inlet port of the pump to a master cylinder, a second valve for opening and closing the auxiliary line, a brake operation sensor for detecting the operation of a brake pedal, and an electronic controller which controls the first valve, the second valve, and the hydraulic pump. The electronic controller judges the need for brake assist control based on the detection by the brake operation sensor and controls the first valve, the second valve and the pump to perform the brake assist control. The electronic control unit also controls the duty ratio for the second valve based on the detection of the brake operation sensor. According to the present invention, the duty ratio is determined based on the detection of the brake operation sensor when the brake assist control is judged to be necessary. The electronic control unit immediately drives the second valve with the determined duty ratio so that the pressure is promptly increased in the wheel cylinder in accordance with the driver's operation of the brake pedal.

Data supplied from the esp@cenet database - I2

19 BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENT- UND
MARKENAMT

Offenlegungsschrift DE 198 60 044 A 1

51 Int. Cl. 6:
B 60 T 8/34
B 60 T 8/48

21 Aktenzeichen: 198 60 044.5
22 Anmeldetag: 23. 12. 98
43 Offenlegungstag: 8. 7. 99

DE 198 60 044 A 1

30 Unionspriorität:
P 9-356973 25. 12. 97 JP

71 Anmelder:
Aisin Seiki K.K., Kariya, Aichi, JP

74 Vertreter:
Tiedtke, Bühling, Kinne & Partner, 80336 München

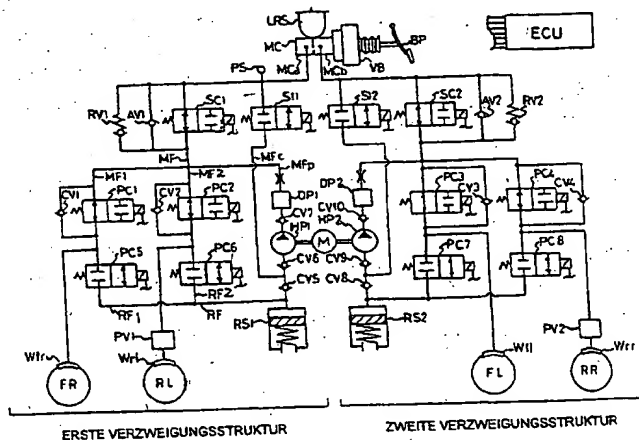
72 Erfinder:
Fukami, Masanobu, Aichi, JP; Tozu, Kenji,
Yokkaichi, Mie, JP; Itoh, Takayuki, Nagoya, Aichi,
JP; Yokoyama, Satoshi, Nishio, Aichi, JP

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

54 Bremsregelvorrichtung

57 Eine erfindungsgemäße Bremsregelvorrichtung hat: ein erstes Ventil (SC1) zur Öffnung und Schließung der Hauptverzweigungsstruktur (MF); eine Pumpe (HP1) mit einem Einlaßanschluß und einem Auslaßanschluß, um eine druckbeaufschlagte Bremsflüssigkeit zu einem Punkt zwischen der Hauptverzweigungsstruktur (MF) und dem Radzylinder (Wfr) zu speisen; eine Hilfsverzweigungsstruktur (Mfc) zur Verbindung des Einlaßanschlusses der Pumpe (HP1) mit einem Hauptzylinder (MC); ein zweites Ventil (SI1) zur Öffnung und Schließung der Hilfsverzweigungsstruktur (Mfc); einen Bremsbetätigungssensor (PS) zur Erfassung der Betätigung eines Bremspedals (BP); und den elektronischen Regler (ECU) zur Regelung des ersten Ventils (SC1), des zweiten Ventils (SI1) und der Hydraulikpumpe (HP1). Die elektronische Regeleinrichtung (ECU) beurteilt die Notwendigkeit einer Bremsassistentregelung basierend auf der Erfassung des Bremsbetätigungssensors (PS) und regelt das erste Ventil, das zweite Ventil und die Pumpe, um die Bremsassistentregelung durchzuführen. Die elektronische Regeleinheit (ECU) regelt auch, basierend auf der Erfassung des Bremsbetätigungssensors (PS), ein Schaltverhältnis für das zweite Ventil (SI1). Erfindungsgemäß wird das Schaltverhältnis basierend auf der Erfassung des Bremsbetätigungssensors (PS) bestimmt, sofern beurteilt wird, daß die Bremsassistentregelung notwendig ist. Die elektronische Regeleinheit (ECU) treibt unmittelbar das zweite Ventil (SI1) mit dem bestimmten ...



DE 198 60 044 A 1

Diese Anmeldung beansprucht eine Priorität unter 35 U.S.C. §§119 und/oder 365 auf eine "Beschleunigungserfassungsvorrichtung", Anmelde-Nr. H09-356973, eingereicht in Japan am 25. Dezember 1997, wobei sich hiermit auf deren gesamten Inhalt bezogen wird.

Diese Erfindung bezieht sich auf eine Bremsregelvorrichtung, um – auf ein schnelles oder tiefes Eindringen eines Bremspedals vom Fahrer hin – die Betätigung des Fahrers zu verstärken.

In Notfallsituationen kann ein Fahrer ein Bremspedal schnell drücken. Jedoch kann der Fahrer das Bremspedal nicht ausreichend drücken oder kann der Fahrer solch eine ausreichende Kraft nicht für eine notwendige Zeitdauer halten. Um die Fahrzeugsicherheit zu verbessern, sind einige Automatik-Bremsassistentensysteme bereits in den Markt eingeführt worden. Derartige herkömmliche Bremsassistentensysteme wenden einen Unterdruckverstärker an, um die Bremskraft automatisch zu verstärken, wenn der Fahrer das Bremspedal schnell niederdrückt.

Aus der japanischen Offenlegungs-Patentveröffentlichung Nr. H08-230634, veröffentlicht am 10. September 1996 (oder dem entsprechenden U.S.-Patent Nr. 5,727,852, veröffentlicht am 17. März 1998) ist ein solches Bremsassistentensystem bekannt. In dieser Veröffentlichung wird auch eine Pumpe für eine Anti-Blockierregelung oder Traktionsregelung zur Verstärkung einer Bremskraft verwendet, um die Rolle des Unterdruckverstärkers zu verkleinern. Dieses herkömmliche System hat einen Radzylinder; einen Hauptzylinder; eine Hauptverzweigungsstruktur zur Verbindung des Hauptzylinders mit dem Radzylinder; ein erstes Ventil zur Öffnung und Schließung der Hauptverzweigungsstruktur; eine Pumpe mit einem Einlaßanschluß und einem Auslaßanschluß zur Zuführung einer druckbeaufschlagten Bremsflüssigkeit zu einem zwischen der ersten Verzweigungsstruktur und dem Radzylinder gelegenen Punkt; eine Hilfsverzweigungsstruktur zur Verbindung des Einlaßanschlusses der Pumpe mit dem Hauptzylinder; und ein zweites Ventil zur Öffnung und Schließung der Hilfsverzweigungsstruktur.

Ferner hat dieses herkömmliche System einen Drucksensor zur Ermittlung des Ausgabedruckes von dem Hauptzylinder. Die Pumpe, das erste Ventil und das zweite Ventil führen – unter einer zweckmäßigen Regelung – eine Bremsassistenten-Unterstützung dann durch, wenn der Ausgabedruck und das Druckerhöhungs-Verhältnis den vorbestimmten Wert überschreiten. Um den Druck zu erhöhen, wird das erste Ventil geöffnet und das zweite Ventil geschlossen. Dann wird die Druckerhöhungsrate durch ein Ein- und Ausschalten der Druckpumpe geregelt.

Allerdings kann in diesem herkömmlichen System keine zweckmäßige Druckerhöhungsrate in Übereinstimmung mit der Fahrer-Betätigung erhalten werden, während der Elektromotor eingeschaltet bleibt.

Es kann möglich sein, die zweckmäßige Druckerhöhungsrate zu erzielen, indem der Elektromotor ein- und ausgeschaltet wird. Allerdings kann die Pumpe nicht genügend Bremsflüssigkeitsmenge aus dem Reservoir verdrängen, da unter einer Anti-Blockierregelung ein Druck im Reservoir kleiner ist als ein Druck im Hauptzylinder. Demgemäß kann aufgrund einer geringeren Verdrängung durch die Pumpe das Reservoir voll sein, so daß die Anti-Blockierregelung nicht sachgemäß durchführbar ist.

Demgemäß ist es eine Aufgabe der vorliegenden Erfindung, die obigen herkömmlichen Nachteile zu lösen.

Ferner besteht eine Aufgabe der vorliegenden Erfindung darin, die Bremsassistentenregelung und die Anti-Blockierre-

gelung gleichzeitig durchzuführen.

Weiterhin besteht eine Aufgabe der vorliegenden Erfindung darin, einen Bremsdruck in einem Radzylinder unmittelbar nach Initialisierung einer Bremsassistentenregelung zu erhöhen.

Eine noch weitere Aufgabe der vorliegenden Erfindung besteht darin, einen Bremsdruck in einem Radzylinder in Übereinstimmung mit einer Fahrer-Betätigung zu regeln.

Um die obigen Aufgaben zu lösen, hat eine erfindungsgemäße Bremsregelvorrichtung: einen Radzylinder, um ein Rad zu bremsen; einen Hauptzylinder, um druckbeaufschlagte Bremsflüssigkeit in Übereinstimmung mit einer Betätigung eines Bremspedals zu erzeugen; eine Hauptverzweigungsstruktur zur Verbindung des Hauptzylinders mit dem Radzylinder; ein erstes Ventil zur Öffnung und Schließung der Hauptverzweigungsstruktur; eine Pumpe mit einem Einlaßanschluß und einem Auslaßanschluß, um eine druckbeaufschlagte Bremsflüssigkeit zu einem Punkt zwischen der Hauptverzweigungsstruktur und dem Radzylinder zu speisen; eine Hilfsverzweigungsstruktur zur Verbindung des Einlaßanschlusses der Pumpe mit dem Hauptzylinder; ein zweites Ventil zur Öffnung und Schließung der Hilfsverzweigungsstruktur; einen Bremsbetätigungssensor zur Erfassung der Betätigung des Bremspedals; eine Initialisierungs-Beurteilungseinrichtung zur Beurteilung einer Notwendigkeit einer Bremsassistentenregelung basierend auf der Erfassung des Bremsbetätigungssensors; und einen Regler zur Regelung des ersten Ventils, des zweiten Ventils und der Pumpe, um nach der Beurteilung der Initialisierungs-Beurteilungseinrichtung die Bremsassistentenregelung durchzuführen; wobei der Regler weiterhin eine Schalteinrichtung zur Regelung des zweiten Ventils mit einem bestimmten Schaltverhältnis basierend auf der Erfassung des Bremsbetätigungssensors aufweist.

Erfindungsgemäß wird das Schaltverhältnis basierend auf der Erfassung des Bremsbetätigungssensors bestimmt, wenn beurteilt wird, daß eine Bremsassistentenregelung notwendig ist. Der Regler treibt unmittelbar das zweite Ventil mit dem bestimmten Schaltverhältnis an, so daß der Druck im Radzylinder in Übereinstimmung mit der Fahrer-Betätigung prompt erhöht wird.

Es zeigen:

Fig. 1 ein Blockdiagramm eines erfindungsgemäßen Gesamtsystems.

Fig. 2 ein Schaltkreisdiagramm eines erfindungsgemäßen Bremsflüssigkeitsschaltkreises.

Fig. 3 ein generelles Fließbild einer erfindungsgemäßen Gesamtregelung.

Fig. 4 ein ausführliches Fließbild der Bremsassistentenregelung gemäß Fig. 3.

Fig. 5 ein ausführliches Fließbild von Berechnungen für die Initialzeitdauer einer Bremsassistentenregelung gemäß Fig. 4.

Fig. 6 ein ausführliches Fließbild von Berechnungen für eine Zeitdauer T_s gemäß Fig. 5.

Fig. 7 ein Zeitdiagramm verschiedener Übergänge der Bremsassistentenregelung.

Fig. 8 und 9 ausführliche Fließbilder der Druckregelung gemäß Fig. 3.

Fig. 10 einen Graphen eines Startbereichs zur Bremsassistentenregelung gemäß Fig. 3.

Fig. 11 ein Schaltverhältnis-Kennfeld einer Beziehung zwischen einem Hauptzylinderdruck und dessen Änderung.

Fig. 12 einen Graphen einer Fahrzeugverzögerung und eines Druckes in einem Radzylinder.

Fig. 13 einen Graphen einer Änderung der Fahrzeugverzögerung und der Schaltverhältnisse für die ersten und zweiten Ventile.

Fig. 14 einen Graphen einer Beziehung zwischen Druckmodulationsmoden und Parametern für eine Bremsdruckregelung.

Fig. 1 zeigt ein Blockdiagramm eines Gesamtsystems gemäß diesem Ausführungsbeispiel. Ein Brennkraftmotor EG hat einen Drosselregler TH und einen Kraftstoffeinspritzer FI. Der Drosselregler TH regelt ein Hauptdrosselventil MT und ein Nebendrosselventil ST. Das Hauptdrosselventil MT wird in Übereinstimmung mit einer Fahrer-Betätigung eines Gaspedals AP geregelt. Das Nebendrosselventil ST wird mittels einer elektronischen Regeleinheit ECU geregelt. Die elektronische Regeleinheit ECU regelt auch den Kraftstoffeinspritzer FI zur Einstellung einer zu dem Brennkraftmotor EG gespeisten Kraftstoffmenge. In diesem Ausführungsbeispiel treibt der Brennkraftmotor EG über einen Antriebszug GS und ein Differentialgetriebe DF Hinterräder RR und RL an. Mit anderen Worten wendet dieses Ausführungsbeispiel den sogenannten Hinterradantrieb an. Es ist allerdings für den Fachmann offensichtlich, daß die vorliegende Erfindung auch in anderen Antriebssystemen, wie etwa dem Vorderradantrieb und dem Allradantrieb, übernommen werden kann.

Rechte und linke Vorderräder FR, FL schließen Radzylinder Wfr und Wfl ein. Die rechten und linken Hinterräder RR, RL schließen Radzylinder Wrr und Wrl ein. All diese Radzylinder Wfr, Wfl, Wrr und Wrl sind mit einem Bremsdruckregler BC hydraulisch verbunden. Der Bremsdruckregler BC wird später anhand der Fig. 2 erläutert.

Alle Räder FR, FL, RR und RL schließen Radgeschwindigkeitssensoren WS1, WS2, WS3 und WS4 ein. Diese Geschwindigkeitssensoren WS1, WS2, WS3 und WS4 sind allesamt mit einer elektronischen Regeleinheit ECU elektrisch verbunden, um individuelle Geschwindigkeiten der Räder FR, FL, RR und RL darstellende Pulssignale zu der elektronischen Regeleinheit ECU zu speisen. Ferner hat der Bremsdruckregler BC einen Hauptzylinder MC und einen Drucksensor PS. Der Drucksensor PS erfaßt einen Ausgabedruck Pmc des Hauptzylinders MC. Der Drucksensor PS ist mit der elektronischen Regeleinheit ECU elektrisch verbunden, um den Ausgabedruck Pmc zu der elektronischen Regeleinheit ECU zu speisen. Der Hauptzylinder MC ist mechanisch mit einem Bremspedal BP verbunden, um eine Bremsbetätigung des Fahrers aufzunehmen. Das Bremspedal BP hat einen Bremsschalter BS. Der Bremsschalter BS ist eingeschaltet, während der Fahrer das Bremspedal BP drückt. Der Bremsschalter BS speist ein, die Bremsbetätigung des Fahrers darstellendes elektrisches Signal zu der elektronischen Regeleinheit ECU. Die elektronische Regeleinheit ECU empfängt Signale von einem (nicht gezeigten) Steuerwinkelsensor, um einen Steuerwinkel der Vorderräder FR, FL zu erfassen. Ferner empfängt die elektronische Regeleinheit ECU Signale von einem Seitenbeschleunigungssensor LAS, um eine Seitenbeschleunigung Gy eines Fahrzeugs zu erfassen, und von einem (nicht gezeigten) Gierratensensor, um eine Gierrate des Fahrzeugs zu erfassen.

Die elektronische Regeleinheit ECU hat einen Mikrocomputer MCP. Der Mikrocomputer MCP hat ferner eine zentrale Verarbeitungseinheit CPU, ROM-Speicher (Nur-Lese-Speicher), RAM-Speicher (Speicher mit wahlfreiem Zugriff), Eingabeanschlüsse IPT und Ausgabeanschlüsse OPT. Verschiedenartige Signale werden mittels Verstärker AMP verstärkt und von den Radgeschwindigkeitssensoren WS1, WS2, WS3, WS4, dem Drucksensor PS, dem Bremsschalter BS, dem Steuerwinkelsensor, dem Gierratensensor und dem Seitenbeschleunigungssensor LAS zu der zentralen Verarbeitungseinheit CPU geführt. Ferner werden verschiedenartige Signale von der zentralen Verarbeitungseinheit CPU über Antriebsglieder ACT zu dem Drosselregler und

dem Bremsdruckregler BC gespeist.

Der Mikrocomputer MCP führt die in Fig. 3, 4, 5, 6, 8 und 9 gezeigten Programme durch, während ein (nicht gezeigter) Zündschalter geschlossen ist, um den Brennkraftmotor EG zu betreiben. Diese Programme sind in den ROM-Speichern gespeichert. Der Mikrocomputer MCP speichert zeitweilig Variablen in den RAM-Speicher, um die Programme durchzuführen. Für den Fachmann ist offensichtlich, für verschiedene mittels der Programme definierte Aufgaben eine Vielzahl von Mikrocomputern anzuwenden.

Fig. 2 zeigt ein Schaltkreisdigramm des Bremsdruckreglers BC. Der Hauptzylinder MC wird mittels eines Unterdruckverstärkers VB in Übereinstimmung mit einer Betätigung des Bremspedals BP des Fahrers angetrieben. Auf die Betätigung des Bremspedals BP des Fahrers hin setzt der Hauptzylinder MC eine in einem Hauptreservoir LRS gespeicherte Bremsflüssigkeit unter Druck und führt die druckbeaufschlagte Bremsflüssigkeit zu einer ersten und zweiten Verzweigungsstruktur. Die erste Verzweigungsstruktur verbindet eine erste Druckkammer MCa des Hauptzylinders MC mit den Radzylindern FR und RL. Die zweite Verzweigungsstruktur verbindet eine zweite Kammer MCb des Hauptzylinders MC mit den Radzylindern FL und RR. In diesem Ausführungsbeispiel ist der Hauptzylinder MC von einer Tandem-Bauart, während die erste und die zweite Verzweigungsstruktur eine Hydraulikbremse einer Diagonal-Bauart ausbilden.

In der ersten Verzweigungsstruktur für die Radzylinder Wfr und Wrl ist die erste Druckkammer MCa mit einer Hauptflußpassage MF verbunden. Die Hauptflußpassage MF zweigt in zwei Passagen MF1 und MF2 ab. Eine MF1 der Abzweigungspassagen ist mit dem Radzylinder Wfr verbunden. Die andere Abzweigungspassage MF2 ist mit dem Radzylinder Wrl verbunden. Ein Öffnungs-/Schließventil SC1 ist in die Hauptflußpassage MF eingesetzt. Das Ventil SC1 ist ein sogenanntes Absperrventil und ist normalerweise geöffnet. Ferner ist die erste Druckkammer MCa über eine Hilfsflußpassage MFC mit Einwegventilen CV5 und CV6 verbunden. Der Drucksensor PS ist mit der Hilfsflußpassage MFC verbunden, um den Ausgabedruck Pmc des Hauptzylinders MC zu erfassen. Um die Betätigung des Bremspedals BP des Fahrers zu erfassen, kann anstelle des Bremsschalters BS der Drucksensor PS verwendet werden. Es ist für den Fachmann auch offensichtlich, anstelle des Bremsschalters BS einen Bremshubsensor zu verwenden.

In den Abzweigungspassagen MF1 und MF2 sind Öffnungs-/Schließventile PC1 und PC2 eingesetzt. Diese Ventile PC1 und PC2 sind normalerweise geöffnet. Einwegventile CV1 und CV2 sind parallel zu den Ventilen PC1 und PC2 vorgesehen. Diese Einwegventile CV1 und CV2 gestatten, daß die Bremsflüssigkeit lediglich in Richtung auf den Hauptzylinder MC fließt. Die Bremsflüssigkeit in den Radzylindern Wfr und Wrl wird durch die Einwegventile CV1, CV2 und das Ventil SC1 zu dem Hauptzylinder MC und dem Hauptzylinderreservoir LRS zurückgeführt. Demgemäß können auf ein Lösen des Bremspedals BP des Fahrers hin Drücke in den Radzylindern Wfr und Wrl schnell dem sinkenden Ausgabedruck Pmc des Hauptzylinders MC folgen. Die Radzylinder Wfr und Wrl sind ebenso über Öffnungs-/Schließventile PC5 und PC6 mit Rückflußabzweigungspassagen RF1 und RF2 verbunden. Die Ventile PC5 und PC6 sind normalerweise geschlossen. Die Abzweigungspassagen RF1 und RF2 sind mit einer Rückflußpassage RF verbunden. Die Rückflußpassage RF ist mit einem Hilfsreservoir RS1 verbunden.

Ein Einlaßanschluß einer Hydraulikpumpe HP1 ist durch die Einwegventile CV6 und CV5 mit dem Hilfsreservoir RS1 verbunden. Ein Auslaßanschluß der Hydraulikpumpe

HP1 ist über ein Einwegventil CV7 und eine Flüssigkeitspassage MFp mit den Ventilen PC1 und PC2 verbunden. Die Hydraulikpumpe HP1 wird mittels eines Elektromotors M angetrieben, um die Bremsflüssigkeit von dem Einlaßanschluß anzugsaugen und um die druckbeaufschlagte Bremsflüssigkeit von dem Auslaßanschluß aus zu verdrängen. Der Elektromotor M treibt üblicherweise auch eine Hydraulikpumpe HP2 an, die für die zweite Verzweigungsstruktur zuständig ist. Das Hilfsreservoir RS1 wird unter Fachleuten auch als ein "Akkumulator" bezeichnet und ist von dem Hauptzylinderreservoir LRS unabhängig. Das Hilfsreservoir RS1 hat einen beweglichen Kolben und eine Feder, so daß ein vorbestimmter Bremsflüssigkeitsbetrag zeitweilig in dem Hilfsreservoir RS1 gespeichert werden kann.

Der Hauptzylinder MC ist durch die Hilfsflußpassage MFc mit den Einwegventilen CV5 und CV6 verbunden. Das Einwegventil CV5 sperrt die von dem Hauptzylinder MC zu dem Hilfsreservoir RS1 fließende Bremsflüssigkeit, wogegen es den Gegenfluß von dem Hilfsreservoir RS1 zu dem Hauptzylinder MC gestattet. Die Einwegventile CV6 und CV7 halten die Bremsflüssigkeit davon ab, von dem Einlaßanschluß zu dem Auslaßanschluß der Hydraulikpumpe HP1 zu fließen. Die Einwegventile CV6 und CV7 sind gewöhnlicherweise mit der Hydraulikpumpe HP1 integriert. Ein Öffnungs-/Schließventil SI1 ist in die Hilfsflußpassage MFc eingesetzt. Das Ventil SI1 ist normalerweise geschlossen, um den Hauptzylinder MC von dem Einlaßanschluß der Hydraulikpumpe HP1 abzusperren. Mit anderen Worten ist der Einlaßanschluß der Hydraulikpumpe HP1 mit dem Hauptzylinder MC verbunden, während das Ventil SI1 mittels der elektronischen Regeleinheit ECU geöffnet ist.

Ein Entlastungsventil RV1 und ein Einwegventil AV1 sind parallel mit dem Ventil SC1 verbunden. Um einen Ausgabedruck von der Hydraulikpumpe HP1 einzustellen, sperrt das Entlastungsventil RV1 die von dem Hauptzylinder MC zu den Ventilen PC1 und PC2 fließende Bremsflüssigkeit ab, wogegen es den Gegenfluß gestattet, während eine Druckdifferenz zwischen der Hauptflußpassage MF und dem Hauptzylinder MC einen vorbestimmten Wert überschreitet. Das Einwegventil AV1 gestattet, daß Bremsflüssigkeit in Richtung auf die Radzylinder Wfr und Wrl fließt, wobei es jedoch den Gegenfluß absperrt. Aufgrund des Einwegventils AV1 werden auf das Eindrücken des Bremspedals BP des Fahrers hin Drücke in den Radzylindern Wfr und Wrl selbst dann erhöht, wenn das Ventil SC1 geschlossen ist. Überdies ist am Ausgabeanschluß der Hydraulikpumpe HP1 eine Speichereinrichtung DP1 angeordnet. Vor dem Einlaßanschluß des Hinterradzylinders Wrl ist ein Proportionsventil PV1 angeordnet.

Die zweite Verzweigungsstruktur für Radzylinder Wfr und Wrr besteht aus denselben Elementen und demselben Flüssigkeitsschaltkreis wie in der ersten Verzweigungsstruktur. Die zweite Verzweigungsstruktur hat ein Hilfsreservoir RS2, eine Speichereinrichtung DP2, ein Proportionsventil PV2, ein normalerweise geöffnetes Ventil SC2, ein normalerweise geschlossenes Ventil SI2, Ventile PC3, PC4, PC7, PC8, Einwegventile CV3, CV4, CV8, CV9, CV10, ein Entlastungsventil RV2 und ein Einwegventil AV2. Die Hydraulikpumpe HP2 wird mittels des gemeinsamen Elektromotors M zusammen mit der Hydraulikpumpe HP1 angetrieben.

Die elektronische Regeleinheit ECU regelt den Elektromotor M, die Ventile SC1, SC2, SI1, SI2 und die Ventile PC1, PC2, PC3, PC4, PC5, PC6, PC7, PC8, um eine Bremsassistentenregelung, eine Anti-Blockierregelung, eine Fahrzeugstabilitätsregelung (d. h. eine Übersteuerungs-/Untersteuerungs-Reduzierregelung), eine Vorder- und Hinterbremskraft-Verteilungsregelung und eine Traktionsregelung

durchzuführen.

In dem vorliegenden Ausführungsbeispiel führt die elektronische Regeleinheit ECU Programme gemäß der Fig. 3, 4, 5, 6, 8 und 9 durch, während der (nicht gezeigte) Zündschalter durch den Fahrer geschlossen ist.

Fig. 3 zeigt ein allgemeines Fließbild einer Gesamtregelung gemäß dem vorliegenden Ausführungsbeispiel. In Schritt 101 wird der Mikrocomputer MCP initialisiert, um Variablen zu löschen und die Eingabe- und Ausgabeanschlüsse zurückzusetzen. In Schritt 102 werden Signale von den Radgeschwindigkeitssensoren WS1, WS2, WS3, WS4 und dem Drucksensor PS aufgenommen. Ferner werden in Schritt 102 auch Signale von dem Steuerwinkelsensor, dem Gieratensensor und dem Seitenbeschleunigungssensor LAS aufgenommen.

In Schritt 103 wird der Ausgabedruck Pmc des Hauptzylinders MC differenziert, so daß eine Änderungsrate DPmc des Ausgabedruckes Pmc berechnet wird. In Schritt 104 wird jede Radgeschwindigkeit V2** ("**" bezieht sich jeweils auf eines der Räder FR, FL, RR und RL) berechnet. Ferner wird in Schritt 104 jede Radgeschwindigkeit Vw** differenziert, so daß auch jede Radbeschleunigung DVw** berechnet wird. In Schritt 105 wird eine geschätzte Fahrzeuggeschwindigkeit Vso des Schwerpunkts des Fahrzeugs mit der Formel $V_{so} = \text{MAX}(Vw^{**})$ berechnet. Mit anderen Worten gleicht die geschätzte Fahrzeuggeschwindigkeit der größten Radgeschwindigkeit Vw**. In Schritt 105 wird die jeweils geschätzte Fahrzeuggeschwindigkeit Vso** auch an Positionen des jeweiligen Rades FR, FL, RR, RL berechnet. Ferner kann, falls notwendig, die jeweilige Fahrzeuggeschwindigkeit Vso** normalisiert werden, um Fehler aufgrund einer Kurvenfahrt des Fahrzeugs zu reduzieren. Überdies wird in Schritt 105 eine Fahrzeugverzögerung DVso entlang der Längsrichtung des Fahrzeugs am Schwerpunkt des Fahrzeugs berechnet. Die Fahrzeugverzögerung DVso wird bestimmt, indem die geschätzte Fahrzeuggeschwindigkeit DVso differenziert wird. Für den Fachmann ist offensichtlich, daß die Fahrzeugverzögerungseinrichtung mit Ausnahme des Vorzeichens der Fahrzeugbeschleunigung entspricht.

In Schritt 106 wird eine Schlupfrate Sa** für jedes Rad FR, FL, RR, RL basierend auf der jeweiligen Radgeschwindigkeit Vw** und jeder Fahrzeuggeschwindigkeit Vso** (oder normalisierten Fahrzeuggeschwindigkeit) über die Formel $Sa^{**} = (Vso^{**} - Vw^{**})/Vso^{**}$ berechnet. In Schritt 107 wird ein Straßenoberflächenreibungskoeffizient μ annäherungsweise basierend auf der Fahrzeugverzögerung DVso und der Seitenbeschleunigung Gy durch die Formel $\mu = (DVso^{**} - Gy^{**})^{1/2}$ geschätzt. Es kann möglich sein, jeden Straßenoberflächenreibungskoeffizienten μ für jedes Rad FR, FL, RR, RL basierend auf dem Radoberflächen-Reibungskoeffizienten μ und jedem geschätzten Radzylinderdruck Pw** zu schätzen.

In Schritt 108 wird die Bremsassistentenregelung durchgeführt. Einzelheiten der Bremsassistentenregelung sind später erläutert. In Schritt 109 werden verschiedene Regelmoden und Zielschlupfraten festgelegt, um eine Bremsassistentenregelung, eine Anti-Blockierregelung, eine Fahrzeugstabilitätsregelung (d. h. eine Übersteuerungs-/Untersteuerungs-Reduzierregelung), eine Vorder- und Hinterbremskraft-Verteilungsregelung und eine Traktionsregelung durchzuführen. In Schritt 110 werden Hydraulikdrücke mittels des Bremsdruckreglers BC geregelt, so daß die Bremskräfte an den Rädern FR, FL, RR und RL geregelt werden. Für die Bremsassistentenregelung regelt der Bremsdruckregler BC den Elektromotor M und die Ventile SC1, SC2, SI1, SI2.

Mit Bezug auf Fig. 4 wird die Bremsassistentenregelung weiter erläutert. Fig. 4 zeigt ein ausführliches Fließbild der

Bremsassistentregelung in Schritt 108 gemäß Fig. 3.

In Schritt 201 wird eine Bremsassistentregelungsmarke FL überprüft. Solange die Marke FL gleich einer Initialisierungsmarke F1 oder einer Betriebsmarke F2 ist, wird Schritt 202 durchgeführt. Hierbei zeigt die Marke F1 an, daß die Bremsassistentregelung bereits gestartet worden ist, sich allerdings noch innerhalb einer Initialzeitdauer befindet. Die Marke F2 zeigt an, daß die Bremsassistentregelung aktiv betrieben wird. In Schritt 202 beurteilt die elektronische Regeleinheit ECU, ob eine Startbedingung für die Bremsassistentregelung erfüllt worden ist. Sofern die Startbedingung in Schritt 202 erfüllt ist, wird Schritt 203 durchgeführt, um die Regelmarke FL auf die Initialisierungsmarke F1 zu setzen. Hier startet die Bremsassistentregelung gemäß Fig. 10 im schraffierten Bereich, wonach (a) der Ausgabedruck Pmc des Hauptzylinders MC die bestimmten Werte überschreitet und (b) die Änderungsrate DPmc des Ausgabedruckes Pmc die bestimmten Raten überschreitet.

In Schritt 204 bestimmt die elektronische Regeleinheit ECU ein Schaltverhältnis Dis für die Ventile SI1, SI2 und eine Zeitdauer Ts für die Initialzeitdauer. In Schritt 205 legt die elektronische Regeleinheit ECU das Schaltverhältnis Dis auf den Wert fest, der sich in Schritt 204 für die Ventile SI1 und SI2 ergibt. Die elektronische Regeleinheit ECU setzt in Schritt 205 auch ein weiteres Schaltverhältnis auf 100% für die Ventile SC1 und SC2. In Schritt 206 beurteilt die elektronische Regeleinheit ECU, ob die Zeitdauer Ts verstrichen ist. Sofern die Zeitdauer Ts nicht verstrichen ist, kehrt die elektronische Regeleinheit ECU zu der Haupttroutine gemäß Fig. 3 zurück. Ansonsten führt die elektronische Regeleinheit ECU Schritt 207 aus, um die Regelmarke FL auf die Betriebsmarke F2 zu setzen. Nach Schritt 207 kehrt die elektronische Regeleinheit ECU zu der in Fig. 3 gezeigten Haupttroutine zurück.

Wenn überdies in Schritt 201 die Marke FL gleich der Initialisierungsmarke F1 oder der Betriebsmarke F2 ist, wird Schritt 208 durchgeführt. In Schritt 208 beurteilt die elektronische Regeleinheit ECU, ob zumindest eine der Beendigungsbedingungen für die Bremsassistentregelung erfüllt worden ist. Hierbei sind die Beendigungsbedingungen: (e) der Bremsschalter BS ist ausgeschaltet (d. h. der Fahrer löst das Bremspedal BP); oder (f) die geschätzte Fahrzeuggeschwindigkeit Vso ist kleiner als ein bestimmter Wert am Schwerpunkt des Fahrzeugs; oder (g) der Ausgabedruck Pmc ist kleiner als ein bestimmter Druck Pa (beispielsweise 1 MPa); oder (h) der Ausgabedruck Pmc überschreitet einen bestimmten Druck Pb, wobei der bestimmte Druck Pb den minimalen Druck darstellt, um ein Rad an einer normalen (oder nicht rutschigen) Straßenoberfläche zu blockieren. Wenn in Schritt 208 keine der Beendigungsbedingungen erfüllt worden ist, führt die elektronische Regeleinheit ECU Schritt 209 aus, um die Regelmarke FL zu beurteilen. Wenn in Schritt 209 die Regelmarke gleich der Initialisierungsmarke F1 ist, führt die elektronische Regeleinheit ECU die Schritte 205, 206 und 207 aus. Wenn in Schritt 209 die Regelmarke FL gleich der Betriebsmarke F2 ist, führt die elektronische Regeleinheit ECU Schritt 210 aus.

In Schritt 210 legt die elektronische Regeleinheit ECU eine Zielverzögerung Gt fest. Die elektronische Regeleinheit ECU bestimmt zunächst basierend auf dem Ausgabedruck Pmc des Hauptzylinders MC eine Fahrzeugverzögerung Gm. Dann wählt die elektronische Regeleinheit ECU von konstanten Verzögerungen Ag eine davon für die Bremsassistentregelung aus, und zwar in Übereinstimmung mit dem Ausgabedruck Pmc des Hauptzylinders MC, um die ausgewählte konstante Verzögerung Ag der Fahrzeugverzögerung Gm hinzuzufügen. Mit anderen Worten ist die Zielverzögerung Gt eine Summe aus der Fahrzeugverzögerung

Gm und der ausgewählten konstanten Verzögerung Ag, was bedeutet, daß die Zielverzögerung Gt in Übereinstimmung mit dem Ausgabedruck Pmc des Hauptzylinders MC festgelegt wird. In Schritt 211 berechnet die elektronische Regeleinheit ECU eine Differenz zwischen der Zielverzögerung Gt und der Fahrzeugverzögerung DVso, auf welche in dieser Anmeldung als eine Zusatzfahrzeugverzögerung AG Bezug genommen wird. In Schritt 212 berechnet die elektronische Regeleinheit ECU in Übereinstimmung mit der Zusatzfahrzeugverzögerung AG einen Regelbetrag der Bremsassistentunterstützung. Mit anderen Worten legt die elektronische Regeleinheit ECU die in Fig. 13 gezeigten Schaltverhältnisse Di und Dc fest.

Genauer gesagt wird, während der Bremsdruck erhöht wird und die Zusatzfahrzeugverzögerung AG positiv ist, das Schaltverhältnis Di für die Ventile SI1 und SI2 proportional zu der Zusatzfahrzeugverzögerung AG festgelegt, wobei das Schaltverhältnis Dc auf nahezu 100% festgelegt wird, um die Ventile SC1 und SC2 im wesentlichen zu schließen. Im Gegensatz dazu wird, während der Bremsdruck gesenkt wird und die Zusatzfahrzeugverzögerung AG negativ ist, das Schaltverhältnis Dc für die Ventile SC1 und SC2 proportional zu der Zusatzfahrzeugverzögerung AG festgelegt, während das Schaltverhältnis Di auf nahezu Null % festgelegt wird, um die Ventile SI1 und SI2 im wesentlichen zu schließen. Ferner hat das Schaltverhältnis Di für das Ventil SI1 und SI2 eine obere Grenze Dup, die das Schaltverhältnis Di ungeachtet der Zusatzfahrzeugverzögerung AG nicht überschreitet. Bedingt durch die obere Grenze Dup können die Hydraulikpumpen HP1 und HP2 einen Überschußbetrag der Bremsflüssigkeit des Hauptzylinders MC nicht aufnehmen. Daher kann das Bremspedal BP – ungeachtet der Betätigung des Fahrers – nicht sinken. Ferner kann ein Ausgabedruck Pmc des Hauptzylinders MC stabilisiert werden.

In Schritt 213 wird der Regelbetrag der Bremsassistentunterstützung auf die Räder FR, FL, RR und RL verteilt. Mittels dieser Verteilung wird die Bremskraft und die Zielschlupfrate sachgemäß für jedes Rad FR, FL, RR und RL eingestellt, um die dynamischen Eigenschaften des Fahrzeugs stabil zu halten.

Im Falle, daß die elektronische Regeleinheit ECU beurteilt, daß eine der Beendigungsbedingungen in Schritt 208 erfüllt worden ist, wird Schritt 214 durchgeführt, um die Regelmarke FL auf eine Beendigungsmarke F3 zu setzen. In Schritt 215 bestimmt die elektronische Regeleinheit ECU ein Schaltverhältnis Dce für die Ventile SC1, SC2 und eine Zeitdauer Te für die Beendigungszeitdauer. Das Schaltverhältnis Dce wird aus einem (nicht gezeigten) Kennfeld ausgewählt, und zwar in Abhängigkeit von der abnehmenden Änderungsrate DPmc des Ausgabedruckes Pmc. Die Änderungsrate Dce wird größer, wenn die abnehmende Änderungsrate DPmc größer wird. Ferner wird die Zeitdauer Te auf eine konstante Zeitdauer (beispielsweise 0,2 Sekunden) festgelegt.

In Schritt 216 legt die elektronische Regeleinheit ECU das Schaltverhältnis Dce auf den in Schritt 215 ausgewählten Wert fest und legt diese auch das andere Schaltverhältnis für die Ventile SI1 und SI2 auf Null % fest. In Schritt 217 beurteilt die elektronische Regeleinheit ECU, ob die Zeitdauer Te verstrichen ist. Sofern die Zeitdauer Te nicht verstrichen ist, kehrt die elektronische Regeleinheit ECU zu der in Fig. 3 gezeigten Haupttroutine zurück. Ansonsten führt die elektronische Regeleinheit ECU Schritt 218 aus, um die Regelmarke FL auf eine Ruhemarke FO festzulegen. Nach Schritt 218 kehrt die elektronische Regeleinheit ECU zu der in Fig. 3 gezeigten Haupttroutine zurück.

Wenn in Schritt 202 die Startbedingung nicht erfüllt ist, führt die elektronische Regeleinheit ECU Schritt 219 durch,

um zu überprüfen, ob die Regelmarke FL gleich der Beendigungsmarke F3 ist. Wenn die Regelmarke FL gleich der Beendigungsmarke F3 ist, führt die elektronische Regeleinheit ECU die Schritte 216, 217 und 218 durch und kehrt zu der in Fig. 3 gezeigten Hauptroutine zurück. Wenn in Schritt 219 die Regelmarke FL nicht die Beendigungsmarke F3 ist, kehrt die elektronische Regeleinheit ECU zu der in Fig. 3 gezeigten Hauptroutine zurück, da die Regelmarke FL den Ruhemodus (d. h. einen Nicht-Regelmodus) darstellt.

Mit Bezug auf die Fig. 5 und 6 werden die Bestimmungen des Schaltverhältnisses Dis und der Initialzeitdauer Ts ausführlich erläutert. Fig. 5 zeigt ein ausführliches Fließbild von Schritt 204 gemäß Fig. 4. In Schritt 401 legt die elektronische Regeleinheit ECU das Schaltverhältnis Dis fest; das basierend auf dem Ausgabedruck Pmc des Hauptzylinders MC und dessen Änderungsrate DPmc von einem in Fig. 11 gezeigten Kennfeld ausgewählt wird. Das Schaltverhältnis Dis wird größer, wenn der Ausgabedruck Pmc größer wird. Ferner wird das Schaltverhältnis Dis größer, wenn die Änderungsrate DPmc größer wird. Daher kann die elektronische Regeleinheit ECU eine sachgemäße Druckerhöhungsrate in Übereinstimmung mit der Betätigung des Bremspedals BP des Fahrers erzielen.

In Schritt 402 legt die elektronische Regeleinheit ECU die Initialzeitdauer Ts fest. Fig. 6 zeigt ein ausführliches Fließbild von Schritt 402. In Schritt 501 berechnet – entsprechend der Berechnung in Schritt 210 – die elektronische Regeleinheit ECU die Summe der Fahrzeugverzögerung Gm und der ausgewählten konstanten Verzögerung Δg , um die Zielverzögerung Gt festzulegen. In Schritt 502 schätzt die elektronische Regeleinheit ECU unter Bezugnahme auf einen in Fig. 12 gezeigten Graphen einen Zielradzylinderdruck PWct von der Zielverzögerung Gt und schätzt auch einen aktuellen Radzylinderdruck Pwca von der Fahrzeugverzögerung DVso. In Schritt 503 berechnet die elektronische Regeleinheit ECU eine Druckdifferenz ΔPwc zwischen dem Zielradzylinderdruck PWct und dem gegenwärtigen Radzylinderdruck Pwca mit Hilfe der Formel $\Delta Pwc = PWct - Pwca$. In Schritt 504 berechnet die elektronische Regeleinheit ECU einen Zielbetrag Vc der Bremsflüssigkeit, und zwar basierend auf der Druckdifferenz ΔPwc durch die Formel $Vc = K1 \cdot \Delta Pwc$, wobei K1 eine positive Konstante ist.

In Schritt 505 berechnet die elektronische Regeleinheit ECU eine Einheitsverdrängung Vp in einer Einheitszeit, und zwar basierend auf dem Schaltverhältnis Dis und dem gegenwärtigen Radzylinderdruck Pwca durch die Formel $Vp = (K2 \cdot Pwca + K3) \cdot Dis$. Hierbei hat eine Konstante K2 einen negativen Wert, während eine Konstante K3 einen positiven Wert hat. Ferner entspricht der gegenwärtige Radzylinderdruck Pwca einer Last gegen die Verdrängung der Hydraulikpumpe HP1. Wie aus der Formel offensichtlich ist, wird die Einheitsverdrängung Vp kleiner, wenn die Last bzw. der gegenwärtige Radzylinderdruck Pwca größer wird. In Schritt 506 berechnet die elektronische Regeleinheit ECU die Initialzeitdauer Ts. Die Zeitdauer Ts wird auf die kürzere von (a) einer Zeitdauer zum Einspeisen des Zielbetrags Vc der Bremsflüssigkeit zu den Radzylindern Wfr, Wfl, Wrr, Wrl oder (b) einer konstanten Zeitdauer Tc (beispielsweise 1 Sekunde) festgelegt.

Obwohl überdies in Schritt 401 das Schaltverhältnis Dis basierend auf dem Ausgabedruck Pmc und der Änderungsrate DPmc für die Ventile SI1 und SI2 festgelegt wird, kann das Schaltverhältnis Dis entweder basierend auf dem Ausgabedruck Pmc oder der Änderungsrate DPmc festgelegt werden. Ferner ist für den Fachmann offensichtlich, das Schaltverhältnis Dis basierend auf dem Hub des Bremspedals BP oder einer Hubänderungsrate festzulegen.

Fig. 7 zeigt ein Zeitdiagramm der Bremsassistentrege-

lung. Das Diagramm (A) zeigt den Übergang des Ausgabedruckes Pmc des Hauptzylinders. Der Ausgabedruck Pmc entspricht im wesentlichen der Betätigung des Bremspedals BP des Fahrers. Eine durchgezogene Linie zeigt einen beispielhaften Übergang des Ausgabedruckes Pmc innerhalb der Bremsassistentregelung, wogegen eine strichdoppelpunktierte Linie einen beispielhaften Übergang ohne eine Bremsassistentregelung zeigt. Eine gestrichelte Linie zeigt einen beispielhaften Übergang des Bremsdruckes in einem der Radzylinder Wfr, Wfl, Wrr und Wrl unter einer Bremsassistentregelung. Das Fließbild (B) zeigt Regelmoden der Bremsassistentregelung. Im Fließbild (B) beginnt die Bremsassistentregelung ausgehend von der Ruhedauer, der Initialzeitdauer, der Zeitdauer zur Verstärkungsregelung nach unten, der Betriebsdauer, der Beendigungsdauer und der Ruhedauer. Das Fließbild (C) zeigt eine beispielhafte Reduzierungsänderung des Ausgabedruckes Pmc des Hauptzylinders MC aufgrund der Bremsassistentregelung. Das Fließbild (D) zeigt eine Rate in Abhängigkeit des Drucksensors PS innerhalb der Bremsassistentregelung. Das Fließbild (E) zeigt einen beispielhaften Übergang der Zusatzfahrzeugverzögerung AG. Das Fließbild (F) zeigt beispielhafte Übergänge der Schaltverhältnisse Di und Dc für Ventile SI1, SI2, SC1 und SC2.

In Fig. 7 beginnt die Initialzeitdauer bei Punkt (a), in welchem der Ausgabedruck Pmc und die Änderungsrate DPmc die vorbestimmten Werte überschreiten. Anschließend wird während der Zeitdauer Ts oder zwischen dem Punkt (a) und einem Punkt (b) das Schaltverhältnis Dis für die Ventile SI1 und SI2 bei einem aus dem Kennfeld ausgewählten konstanten Wert gehalten. Nachdem die Initialzeitdauer an dem Punkt (b) vorüber ist, wird die Verstärkungsregelung nach unten derart durchgeführt, daß das Schaltverhältnis Di auf 50% des ursprünglich ausgewählten Wertes während der Zeitdauer Td oder zwischen dem Punkt (b) und dem Punkt (c) begrenzt wird.

Dann wird die Bremsdruckregelung während der Betriebsdauer oder zwischen dem Punkt (c) und einem Punkt (f) derart durchgeführt, daß die Schaltverhältnisse Di und Dc auf zweckmäßige Werte proportional zu der Zusatzfahrzeugverzögerung ΔG festgelegt werden. Mit anderen Worten werden die Ventile SI1, SI2, SC1 und SC2 basierend auf den Schaltverhältnissen Di und Dc alternativ derart geöffnet und geschlossen, daß der (durch die gepunktete Linie im Fließbild (A) gezeigte) Bremsdruck im Radzylinder größer wird als der (durch die Strich-Doppelpunkt-Linie im Fließbild (A) gezeigte) Ausgabedruck Pmc. Im Fließbild (A) ist eine Druckdifferenz zwischen der gepunkteten Linie und der Strich-Doppelpunkt-Linie konstant. Da jedoch die Bremsflüssigkeit durch die Hydraulikpumpen HP1 und HP2 aufgenommen werden, ist der der durchgezogenen Linie im Fließbild (A) folgende tatsächliche Ausgabedruck Pmc kleiner als die Strich-Doppelpunkt-Linie.

Wenn der Fahrer das Bremspedal BP am Punkt (d) etwas löst, wird die Zusatzfahrzeugverzögerung AG negativ (d. h. Beschleunigung). Wenn ferner der Fahrer weiterhin das Bremspedal BP am Punkt (e) niederdrückt, wird die Zusatzfahrzeugverzögerung AG erhöht. Ferner wird das Schaltverhältnis Di für die Ventile SI1 und SI2 auch erhöht, wenn die Zusatzfahrzeugverzögerung AG erhöht wird. Wenn das Schaltverhältnis Di erhöht werden würde, wie durch eine gepunktete Linie im Fließbild (F) gezeigt, würde der Ausgabedruck Pmc, wie die gepunktete Linie in der Nähe des Punktes (e) im Fließbild (A), gesenkt werden, und zwar aufgrund eines erhöhten Betrages der durch die Hydraulikpumpen HP1 und HP2 aufgenommenen Bremsflüssigkeit. Dies verursacht eine geringere Bremskraft auf das Bremspedal BP, so daß sich der Fahrer etwas unsicher fühlen kann. Um

dies zu verhindern, wird das Schaltverhältnis D_i derart begrenzt, daß es im Fließbild (F) in der Nähe des Punktes (e) mit der durchgezogenen Linie gezeigte obere Grenze D_{up} nicht überschreitet. Wenn dann am Punkt (f) der Ausgabedruck P_{mc} kleiner wird als der vorbestimmte Wert, beginnt die Beendigungsdauer T_e , so daß das Schaltverhältnis D_{ce} aus dem Kennfeld für die Ventile SC1 und SC2 ausgewählt wird. Nach der Beendigungsdauer T_e befindet sich die Bremsassistentenregelung in der Ruhedauer.

Mit Bezug auf die Fig. 8 und 9 wird die Druckregelung des vorliegenden Ausführungsbeispiels ausführlich erläutert. Die in den Fig. 8 und 9 gezeigte Druckregelung entspricht dem Schritt 109 gemäß Fig. 3. In der Druckregelung werden die Bremsdrücke in den jeweiligen Radzylindern Wfr, Wfl, Wrr und Wrl geregelt.

In Schritt 301 beurteilt die elektronische Regeleinheit ECU, ob die Fahrzeugstabilitätsregelung in Ausführung ist. Sofern die Fahrzeugstabilitätsregelung in Ausführung ist, führt die elektronische Regeleinheit ECU Schritt 302 durch, um für die Räder FR, FL, RR und RL eine vorbestimmte Zielschlupfrate S_v^{**} auf die jeweiligen Zielschlupfraten S_t^{**} festzulegen. Wenn sich die Fahrzeugstabilitätsregelung in Schritt 301 nicht in Ausführung befindet, führt der elektronische Regler ECU Schritt 303 durch, um jede der Zielschlupfraten S_t^{**} auf Null zu setzen. In Schritt 304 beurteilt die elektronische Regeleinheit ECU, ob sich die Bremsassistentenregelung innerhalb der Betriebszeitdauer befindet (d. h. die Regelmarke $FL=F2$). Wenn sich die Bremsassistentenregelung in der Betriebszeitdauer befindet, führt die elektronische Regeleinheit ECU Schritt 305 durch, um jeder der Zielschlupfraten S_t^{**} einen Schlupfraten-Kompensatorwert ΔS_b^{**} hinzuzufügen. In Schritt 306 berechnet die elektronische Regeleinheit ECU eine Summe eines Kompensatorwerts ΔS_d^{**} zur Bremskraftverteilung für eine Nicksteuerung, eines Schlupfraten-Kompensatorwerts ΔS_r^{**} für die Traktionsregelung und eines Schlupfraten-Kompensatorwerts ΔS_s^{**} für die Anti-Blockierregelung, wobei anschließend die elektronische Regeleinheit ECU diese Summe jeder der Zielschlupfraten S_t^{**} hinzu addiert. Der Kompensatorwert ΔS_d^{**} zur Bremskraftverteilung für eine Nicksteuerung, der Schlupfraten-Kompensatorwert ΔS_r^{**} und der Schlupfraten-Kompensatorwert ΔS_s^{**} werden auf Null gesetzt, während die zugehörigen Regelungen nicht durchgeführt werden.

In Schritt 307 berechnet die elektronische Regeleinheit ECU Schlupfratenänderungen ΔS_t^{**} für jeweilige Räder FR, FL, RR und RL. In Schritt 308 berechnet die elektronische Regeleinheit ECU eine Fahrzeugverzögerungsänderung ΔDV_{so}^{**} . Die Schlupfratenänderungen ΔS_t^{**} sind Differenzen zwischen den Zielschlupfraten S_t^{**} und den tatsächlichen Schlupfraten S_a^{**} (d. h. $\Delta S_t^{**} = S_t^{**} - S_a^{**}$). Die Fahrzeugbeschleunigungsänderungen ΔDV_{so}^{**} sind Differenzen zwischen der Fahrzeugverzögerung DV_{so} und den Radbeschleunigungen DV_w^{**} (d. h. $\Delta DV_{so}^{**} = DV_{so} - DV_w^{**}$). Obwohl die tatsächlichen Schlupfraten S_a^{**} und die Fahrzeugbeschleunigungsänderung ΔDV_{so}^{**} unter verschiedenartigen Regelungen verschiedenartige Werte annehmen können, wird eine ausführliche Erläuterung weggelassen.

In Schritt 309 vergleicht die elektronische Regeleinheit ECU die Schlupfratenänderungen ΔS_t^{**} mit einer Konstante K_a . Wenn der Absolutwert der Schlupfratenänderungen ΔS_t^{**} größer oder gleich der Konstante K_a ist, führt die elektronische Regeleinheit ECU Schritt 311 durch, um eine Integration $I\Delta S_t^{**}$ der Schlupfratenänderungen ΔS_t^{**} zu ersetzen. Mit anderen Worten ist die gegenwärtige Integration $I\Delta S_t^{**}$ die Summe aus der letzten Integration $I\Delta S_t^{**}$ und den Produkten, in denen die gegenwärtigen Schlupfratenän-

derungen ΔS_t^{**} mit Verstärkungen G_t^{**} multipliziert werden. Im Falle, daß die Absolutwerte der Schlupfratenänderungen $I\Delta S_t^{**}$ kleiner sind als die Konstante K_a , löscht die elektronische Regeleinheit ECU in Schritt 310 die Integration $I\Delta S_t^{**}$. In den Schritten 312, 313, 314 und 315 ist die Integration $I\Delta S_t^{**}$ in einem Bereich zwischen der oberen Grenze K_b und der unteren Grenze K_c begrenzt (d. h. $K_c \leq I\Delta S_t^{**} \leq K_b$). In Schritt 313 legt die elektronische Regeleinheit ECU die obere Grenze K_b auf die Integration $I\Delta S_t^{**}$ fest, wenn die Integration $I\Delta S_t^{**}$ die obere Grenze K_b überschreitet. In Schritt 315 legt die elektronische Regeleinheit ECU auch die untere Grenze K_c auf die Integration $I\Delta S_t^{**}$ fest, sofern die Integration $I\Delta S_t^{**}$ kleiner ist als die untere Grenze K_c .

In Schritt 316 werden für verschiedenartige Bremsdruckregelungen Parameter Y^{**} durch die Formel $Y^{**} = G_s^{**} \cdot (I\Delta S_t^{**} + I\Delta S_t^{**})$ berechnet. In Schritt 317 werden weitere Parameter X^{**} durch die Formel $X^{**} = G_d^{**} \cdot \Delta DV_{so}^{**}$ berechnet. Hierbei sind die Verstärkungen G_s^{**} und G_d^{**} vorbestimmte Werte.

In Schritt 318 wählt die elektronische Regeleinheit ECU basierend auf den Parametern X^{**} und Y^{**} einen der in Fig. 12 gezeigten Druckmodulationsmoden aus. Fig. 14 zeigt einen Graphen einer Beziehung zwischen Druckmodulationsmoden und Parametern X^{**} , Y^{**} für eine Bremsdruckregelung. Basierend auf den Parametern X^{**} und Y^{**} wählt die elektronische Regeleinheit ECU einen aus den folgenden Bereichen aus: Bereich einer schnellen Druckreduzierung, Bereich einer pulsierenden Druckreduzierung, Haltebereiche, Bereich einer pulsierenden Druckerhöhung und Bereich einer schnellen Druckerhöhung. Im Falle, daß keine Bremsdruckregelung durchgeführt wird, wird kein Druckmodulationsmodus ausgewählt.

Im Falle, daß der Druckmodulationsmodus von einer Reduzierung auf eine Erhöhung oder von einer Erhöhung auf eine Reduzierung geschaltet wird, führt die elektronische Regeleinheit ECU Schritt 319 durch, um den Bremsdruckübergang zu glätten. Wenn beispielsweise die elektronische Regeleinheit ECU den Druckmodulationsmodus von dem Schnellreduzierungsmodus zu dem Modus einer pulsierenden Erhöhung schaltet, wird zunächst der Modus einer schnellen Erhöhung für eine Zeitdauer durchgeführt, die von der Dauer des letzten Modus einer schnellen Reduzierung abhängt. In Schritt 320 werden die ausgewählten Druckmodulationsmoden auf jedes Rad FR, FL, RR und RL mit Bezug auf die anderen Räder festgelegt. Beispielsweise regelt im Falle, daß die elektronische Regeleinheit ECU ein sogenanntes Niderauswahlverfahren für Hinterräder RR und RL anwendet, die elektronische Regeleinheit ECU den Bremsdruck basierend auf dem Rad mit der niedrigeren Geschwindigkeit.

In Schritt 321 treibt die elektronische Regeleinheit ECU die Ventile SI1, SI2, SC1, SC2 und den Elektromotor M basierend auf den Schaltverhältnissen D_i und D_c an, die in den Schritten 205, 212 und 216 bestimmt worden sind. Ferner treibt in Schritt 321 die elektronische Regeleinheit ECU auch Modulatorventile PC1, PC2, PC3, PC4, PC5, PC6, PC7 und PC8 an, um die Bremskräfte der Räder FR, FL, RR und RL einzustellen.

In diesem Ausführungsbeispiel wird das Schaltverhältnis D_i basierend auf dem mittels des Drucksensors PS erfaßten Ausgabedruck P_{mc} bestimmt, wenn beurteilt wird, daß die Bremsassistentenregelung notwendig ist. Der Bremsdruckregler BC treibt unmittelbar das zweite Ventil mit dem bestimmten Schaltverhältnis D_i an, so daß der Druck in den Radzylindern Wfr, Wfl, Wrr und Wrl in Übereinstimmung mit der Betätigung des Bremspedals BP des Fahrers prompt erhöht wird.

Eine erfindungsgemäße Bremsregelvorrichtung hat: ein erstes Ventil SC1 zur Öffnung- und Schließung der Hauptverzweigungsstruktur MF; eine Pumpe HP1 mit einem Einlaßanschluß und einem Auslaßanschluß, um eine druckbeaufschlagte Bremsflüssigkeit zu einem Punkt zwischen der Hauptverzweigungsstruktur MF und dem Radzylinder Wfr zu speisen; eine Hilfsverzweigungsstruktur Mfc zur Verbindung des Einlaßanschlusses der Pumpe HP1 mit einem Hauptzylinder MC; ein zweites Ventil SI1 zur Öffnung und Schließung der Hilfsverzweigungsstruktur Mfc; einen Bremsbetätigungssensor PS zur Erfassung der Betätigung eines Bremspedals BP; und den elektronischen Regler ECU zur Regelung des ersten Ventils SC1, des zweiten Ventils SI1 und der Hydraulikpumpe HP1. Die elektronische Regelungseinrichtung ECU beurteilt die Notwendigkeit einer Bremsassistentenregelung basierend auf der Erfassung des Bremsbetätigungssensors PS und regelt das erste Ventil, das zweite Ventil und die Pumpe, um die Bremsassistentenregelung durchzuführen. Die elektronische Regeleinheit ECU regelt auch, basierend auf der Erfassung des Bremsbetätigungssensors PS, ein Schaltverhältnis für das zweite Ventil SI1. Erfindungsgemäß wird das Schaltverhältnis basierend auf der Erfassung des Bremsbetätigungssensors PS bestimmt, sofern beurteilt wird, daß die Bremsassistentenregelung notwendig ist. Die elektronische Regeleinheit ECU treibt unmittelbar das zweite Ventil SI1 mit dem bestimmten Schaltverhältnis an, so daß der Druck in dem Radzylinder Wfr in Übereinstimmung mit der Betätigung des Fahrers prompt erhöht wird.

Patentansprüche

1. Bremsregelvorrichtung mit:
 einem Radzylinder (Wfr), um ein Rad (FR) zu bremsen;
 einem Hauptzylinder (MC), um druckbeaufschlagte Bremsflüssigkeit in Übereinstimmung mit einer Betätigung eines Bremspedals (BP) zu erzeugen;
 einer Hauptverzweigungsstruktur (MF) zur Verbindung des Hauptzylinders (MC) mit dem Radzylinder (Wfr);
 einem ersten Ventil (SC1) zur Öffnung und Schließung der Hauptverzweigungsstruktur (MF);
 einer Pumpe (HP1) mit einem Einlaßanschluß und einem Auslaßanschluß, um eine druckbeaufschlagte Bremsflüssigkeit zu einem Punkt zwischen der Hauptverzweigungsstruktur (MF) und dem Radzylinder (Wfr) zu speisen;
 einer Hilfsverzweigungsstruktur (Mfc) zur Verbindung des Einlaßanschlusses der Pumpe (HP1) mit dem Hauptzylinder (MC);
 einem zweiten Ventil (SI1) zur Öffnung und Schließung der Hilfsverzweigungsstruktur (Mfc);
 einem Bremsbetätigungssensor (PS) zur Erfassung der Betätigung des Bremspedals (BP);
 einer Initialisierungs-Beurteilungseinrichtung zur Beurteilung einer Notwendigkeit einer Bremsassistentenregelung basierend auf der Erfassung des Bremsbetätigungssensors (PS); und
 einem Regler zur Regelung des ersten Ventils (SC1), des zweiten Ventils (SI1) und der Pumpe (HP1), um nach der Beurteilung der Initialisierungs-Beurteilungseinrichtung die Bremsassistentenregelung durchzuführen; wobei der Regler weiterhin eine Schaltregelung zur Regelung des zweiten Ventils (SI1) mit einem bestimmten Schaltverhältnis (Di) basierend auf der Erfassung des Bremsbetätigungssensors (PS) aufweist.

2. Vorrichtung nach Anspruch 1, wobei die Schaltregelungseinrichtung das zweite Ventil (SI1) für eine festgelegte Zeitdauer antreibt.

3. Vorrichtung nach Anspruch 2, wobei der Regler weiter aufweist:

eine Verzögerungserfassungseinrichtung zur Erfassung einer Fahrzeugverzögerung;

einer Zielfestlegungseinrichtung zur Bestimmung einer Zielverzögerung basierend auf der mittels des Bremsbetätigungssensors (PS) erfaßten Betätigung des Bremspedals (BP); und

eine Zusatzverzögerungs-Berechnungseinrichtung für eine Berechnung einer Differenz zwischen der Zielverzögerung und der Fahrzeugverzögerung; wobei die Schaltregelungseinrichtung das zweite Ventil (SI1) basierend auf der Differenz nach der festgelegten Zeitdauer antreibt.

4. Vorrichtung nach Anspruch 2, wobei der Regler weiterhin aufweist:

eine Bestimmungseinrichtung zur Bestimmung eines Zielbetrags der zu dem Radzylinder (Wfr) gespeisten Bremsflüssigkeit basierend auf der mittels des Bremsbetätigungssensors (BP) erfaßten Betätigung des Bremspedals (BP);

eine Schätzeinrichtung zum Schätzen einer Einheitsverdrängung der Pumpe (HP1) in einer Einheitszeit basierend auf dem Schaltverhältnis; wobei die mittels der Schaltregelungseinrichtung festgelegte Zeitdauer mittels einer Zeitdauer für eine Einspeisung des Zielbetrags der Bremsflüssigkeit zu dem Radzylinder (Wfr) bestimmt wird.

5. Vorrichtung nach Anspruch 1, wobei der Regler das erste Ventil (SC1) schließt, während die Zielbeschleunigung größer ist als die Fahrzeugverzögerung und die Differenz positiv ist.

Hierzu 11 Seite(n) Zeichnungen

- Leerseite -

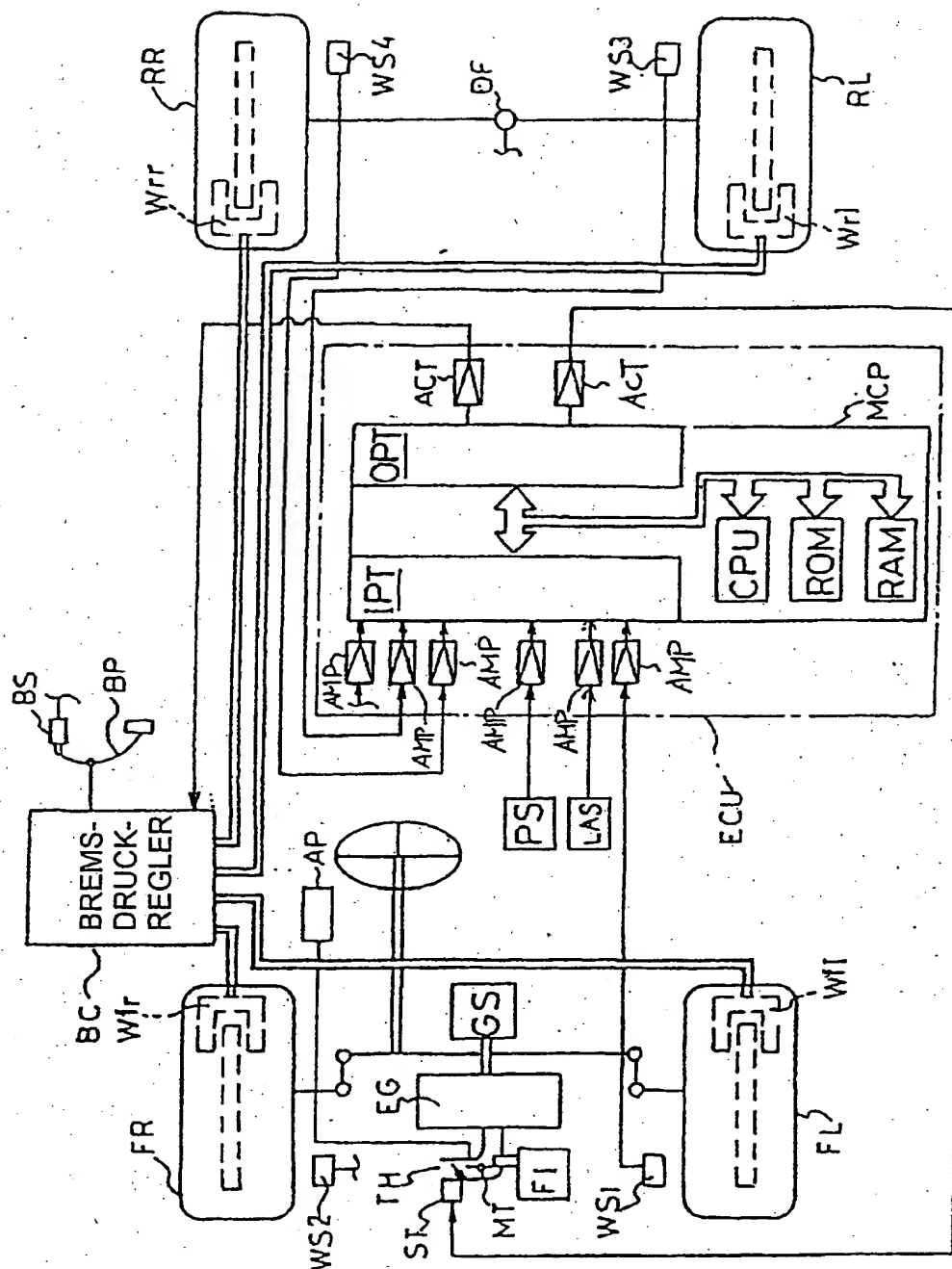


FIG. 1

FIG. 2

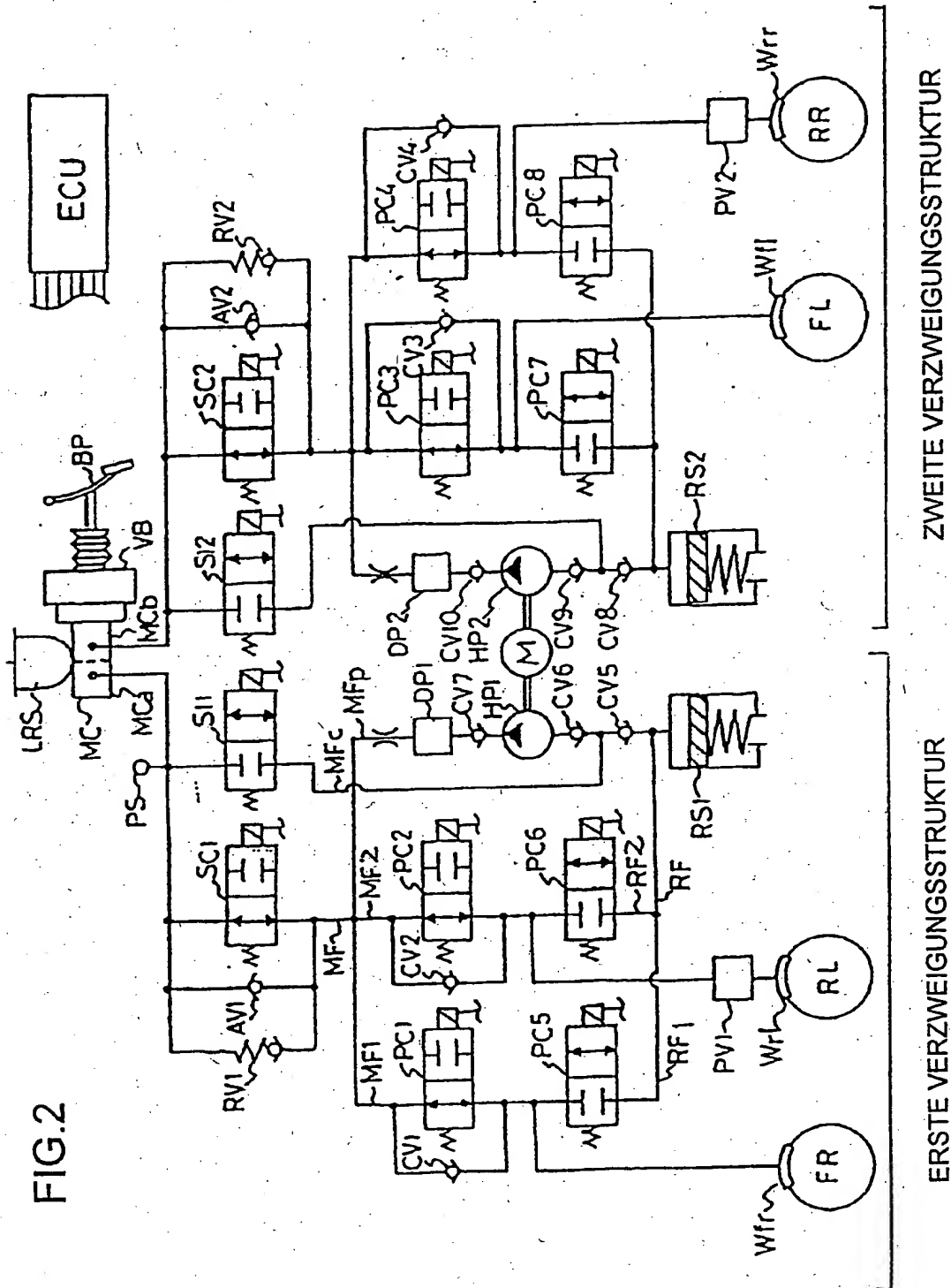


FIG.3

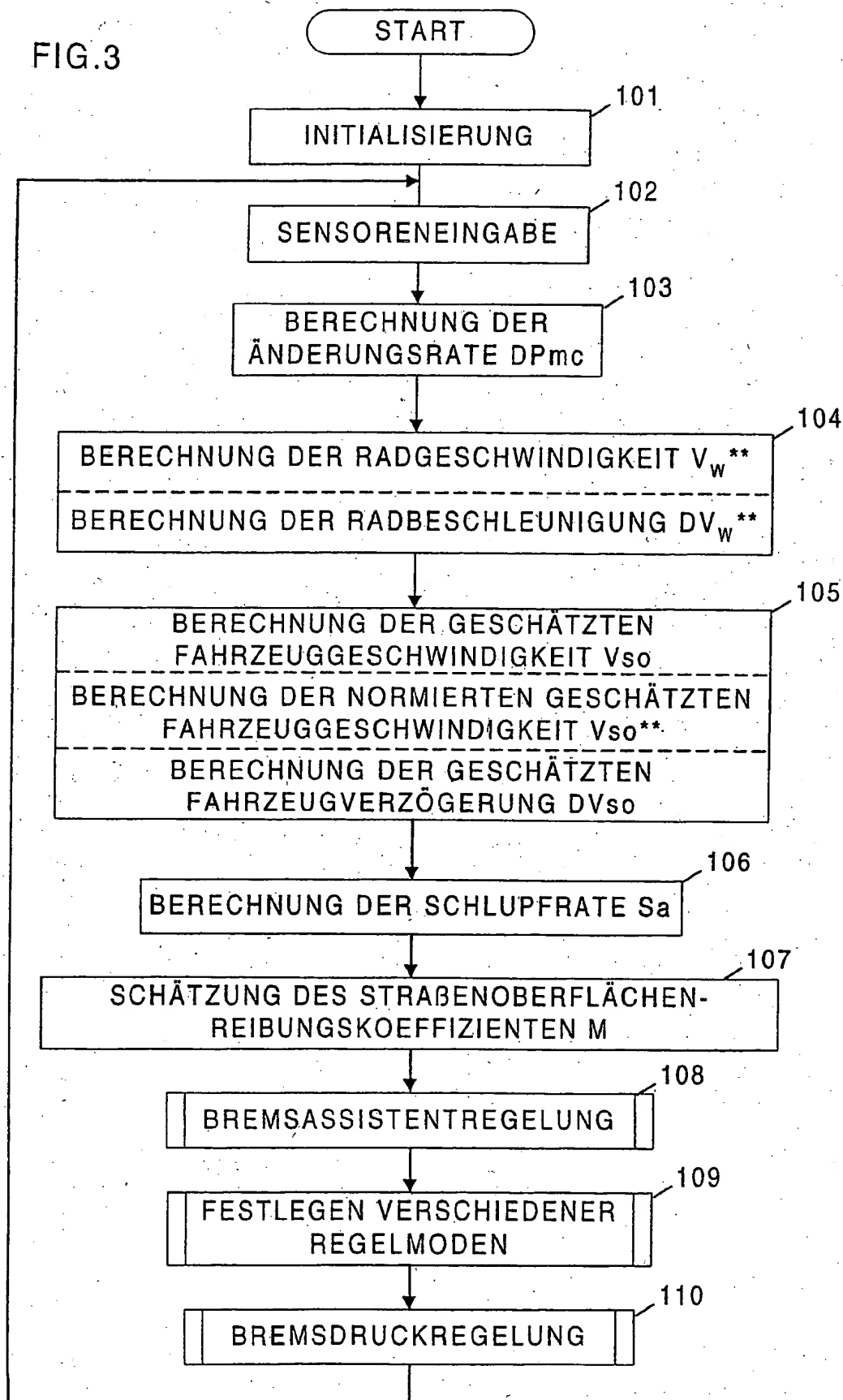


FIG.4

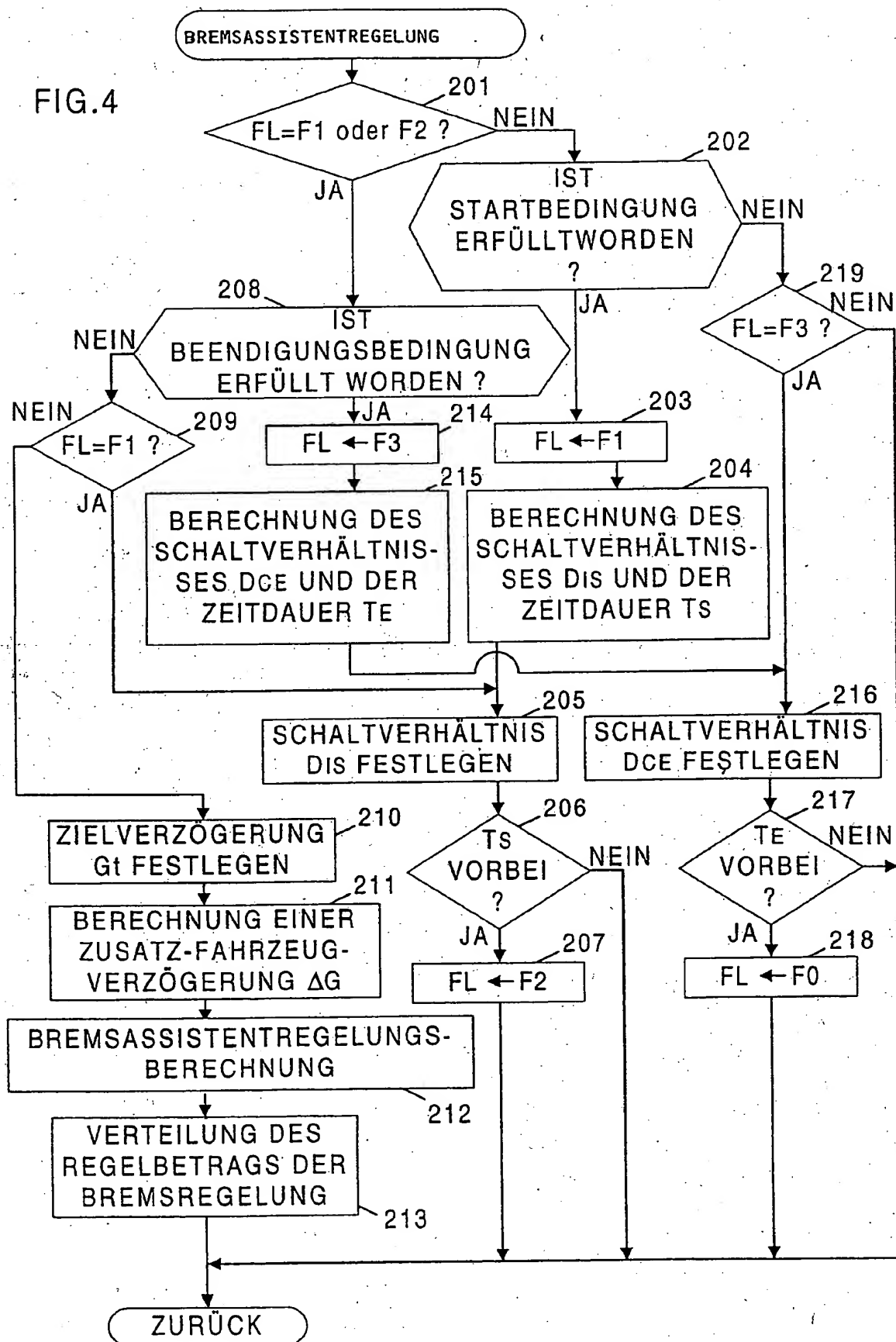


FIG.5

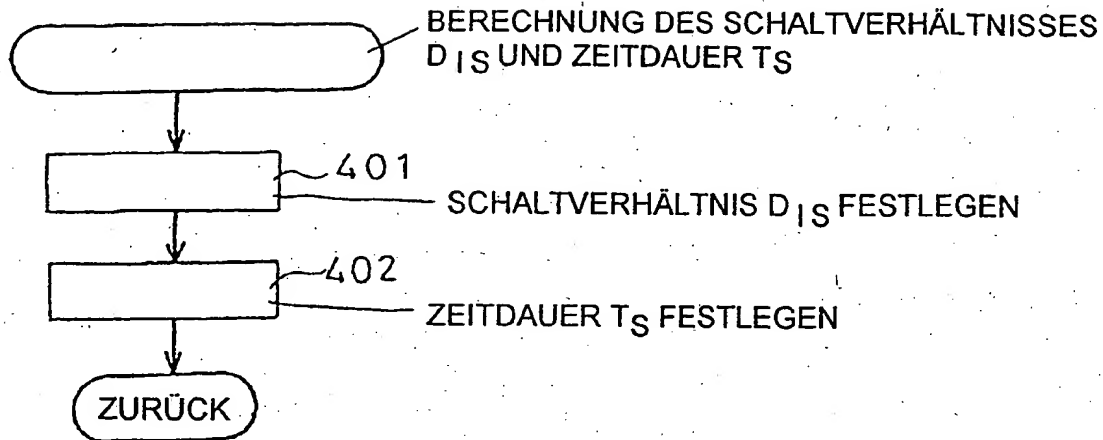


FIG.6

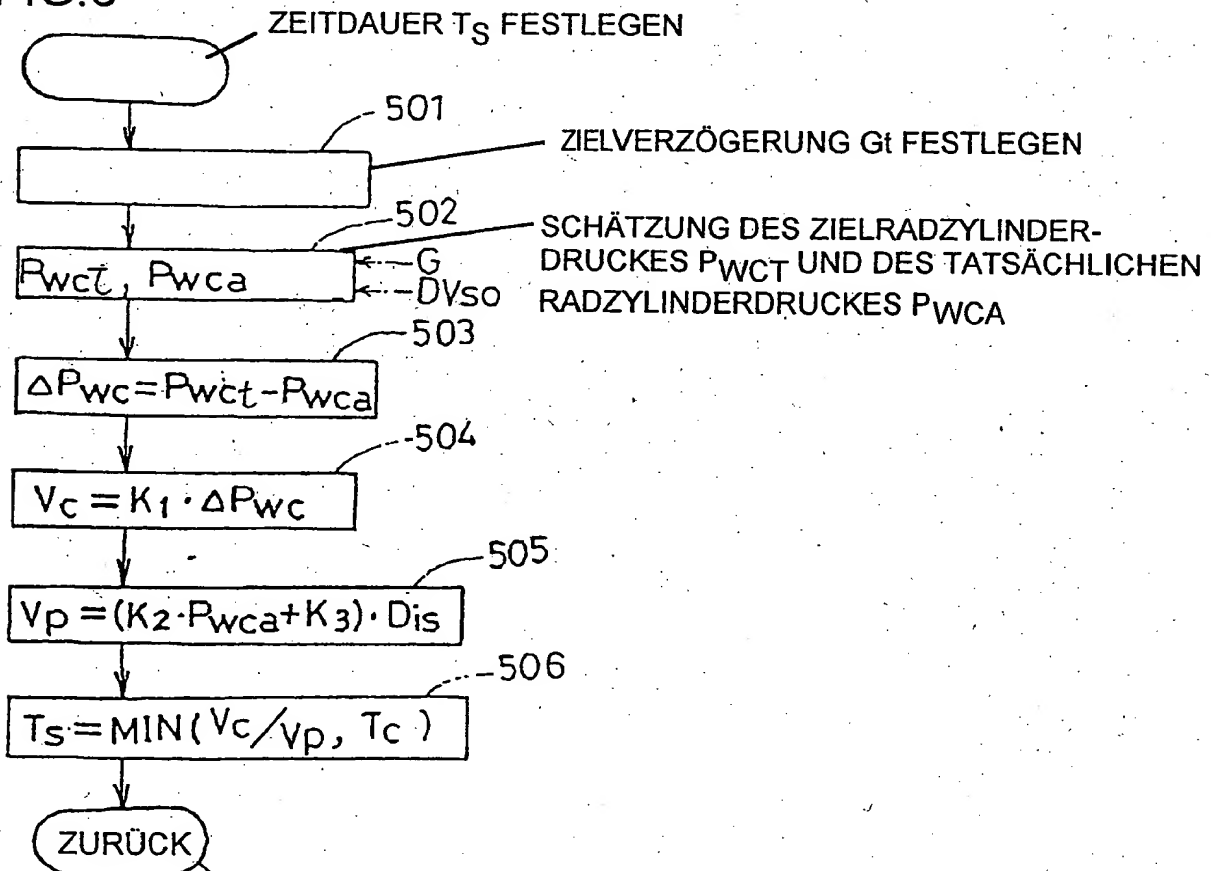


FIG.7

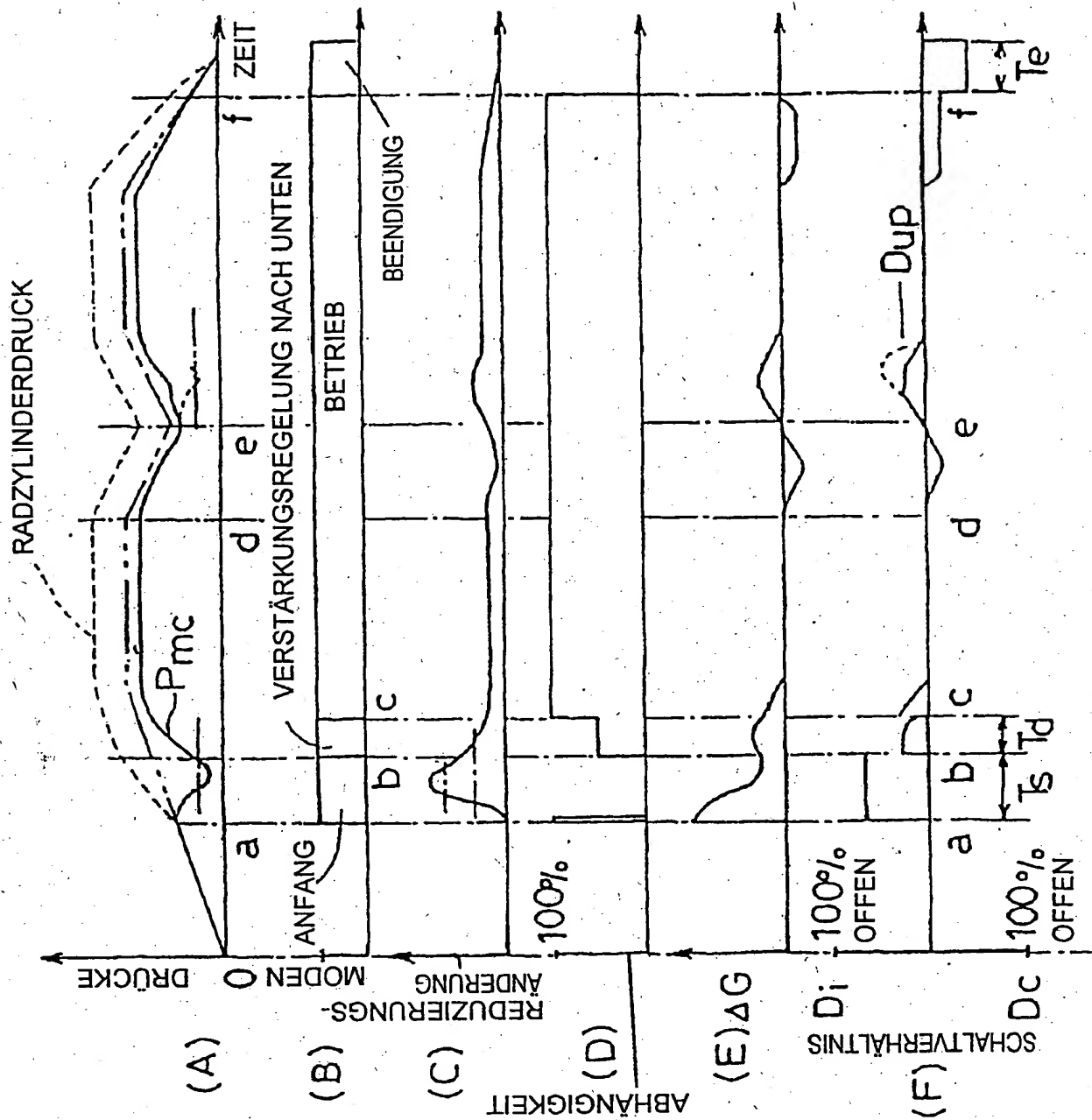


FIG.8

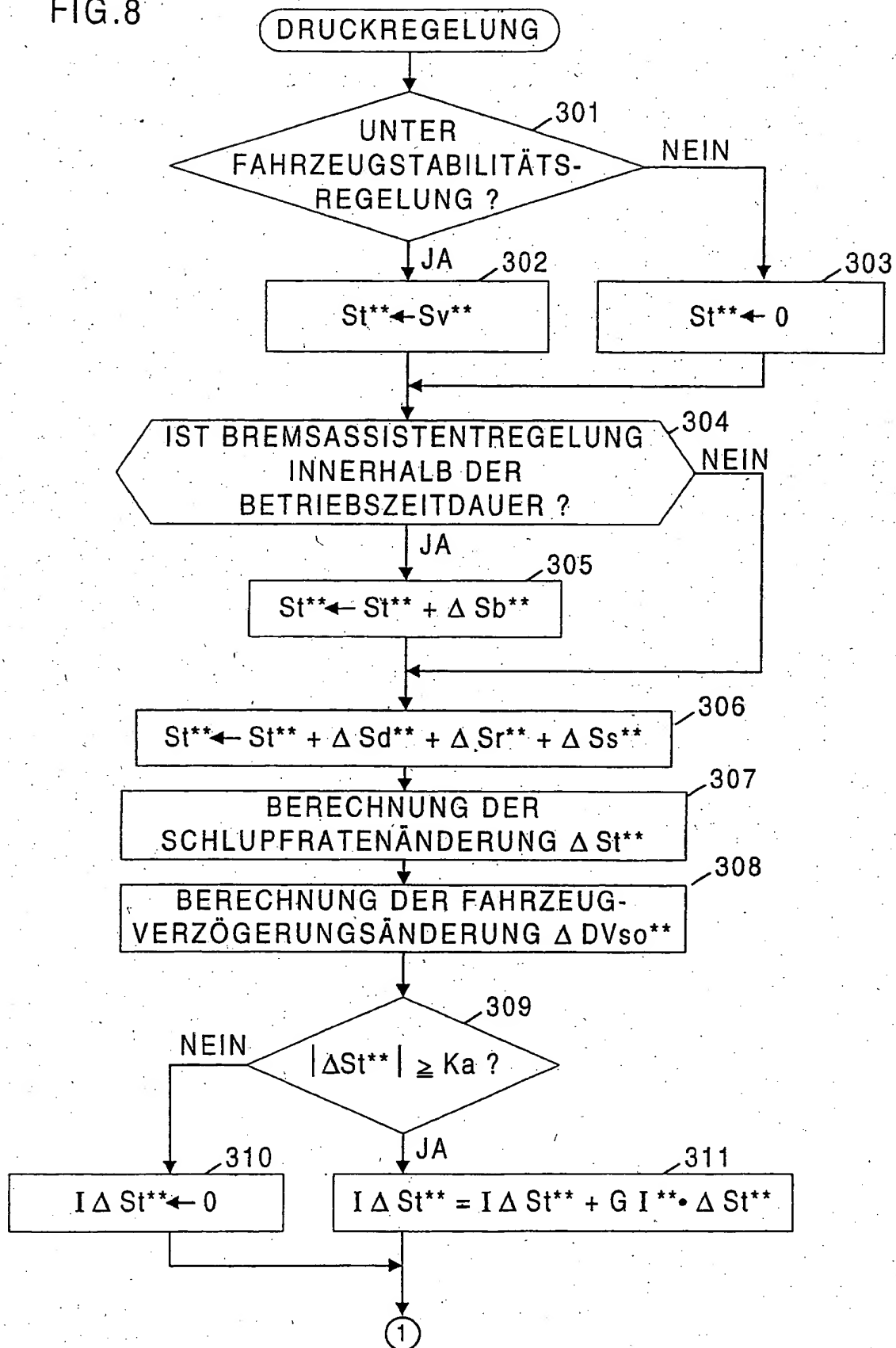
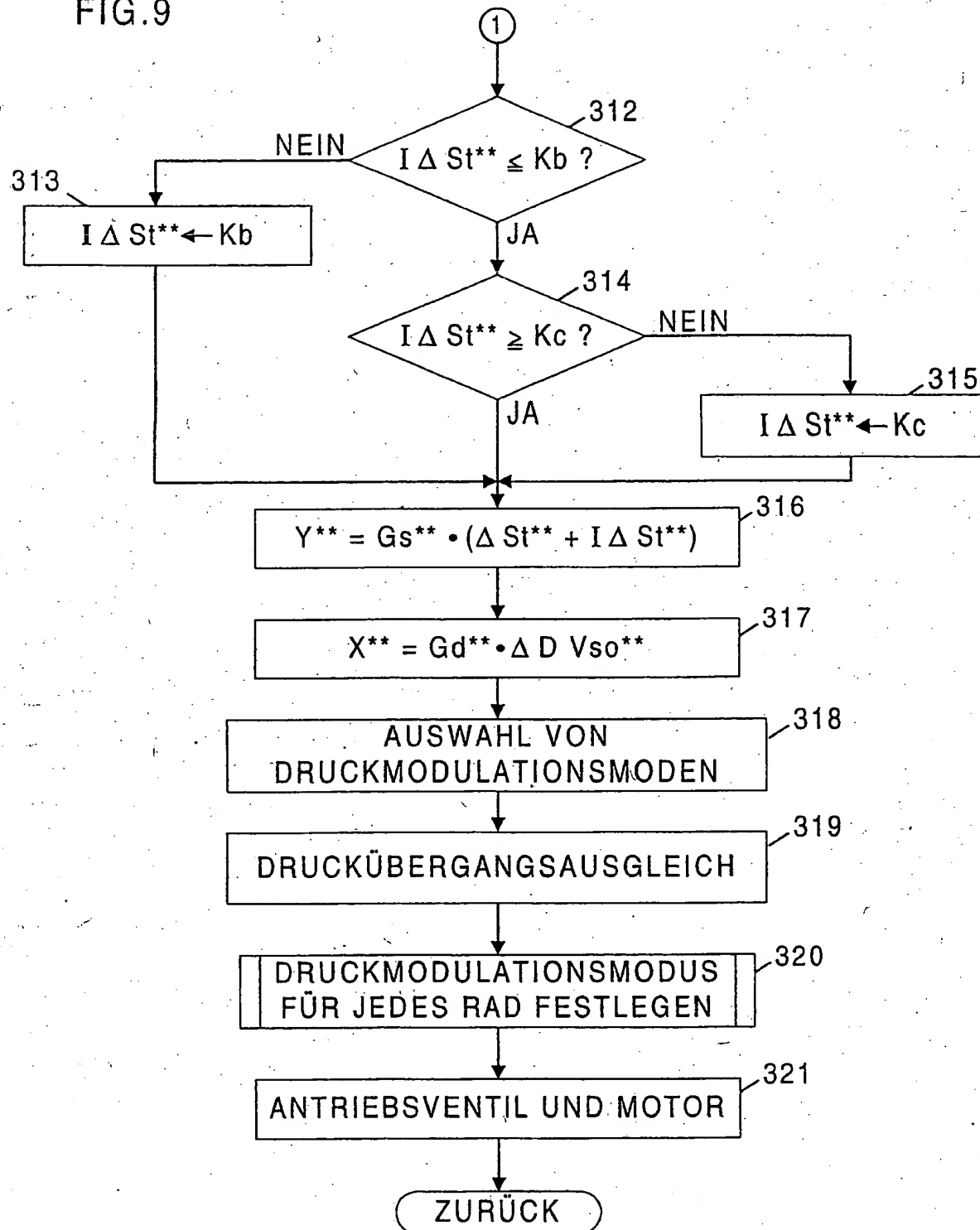


FIG. 9



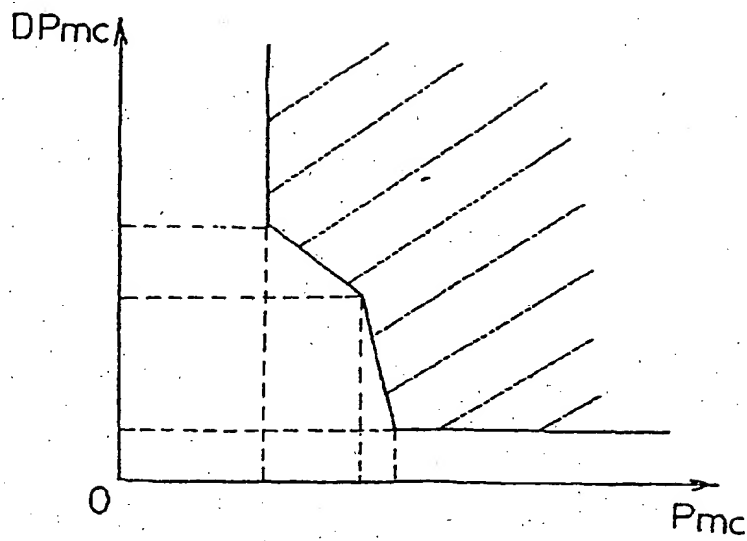


FIG. 10

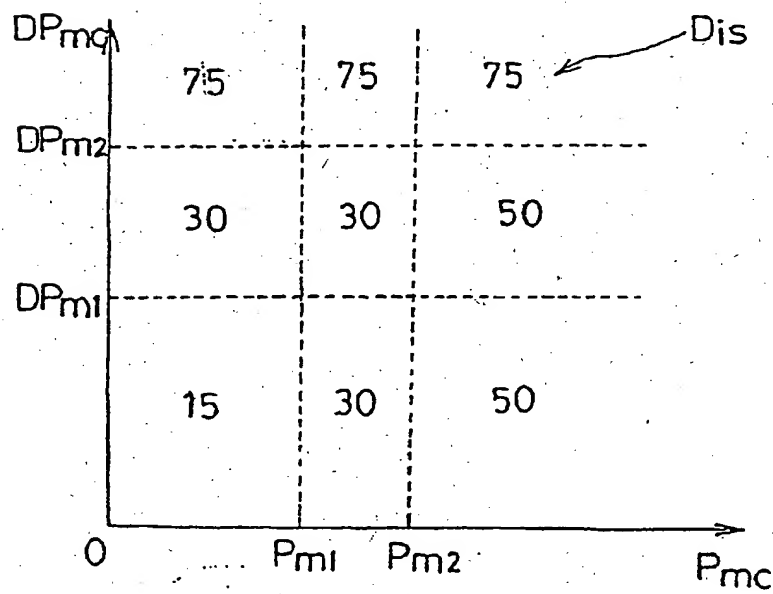


FIG. 11

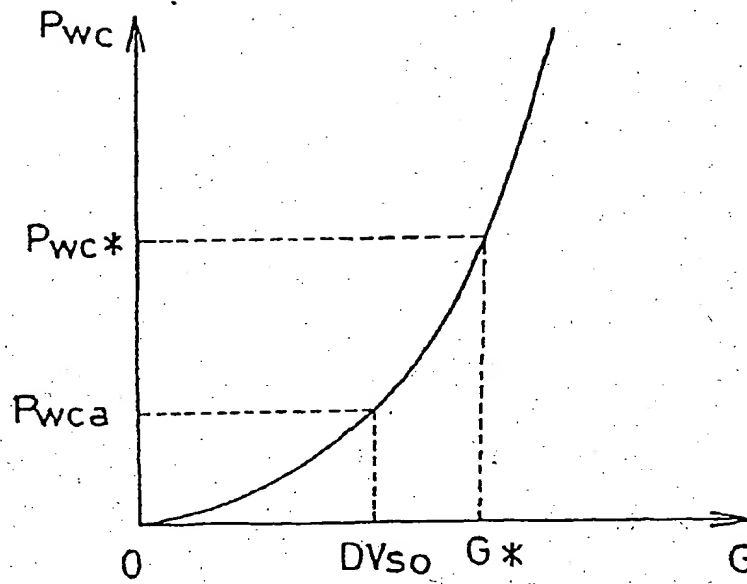


FIG.12

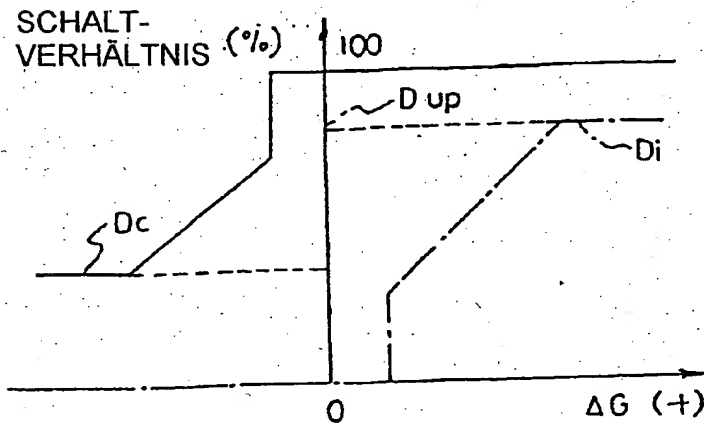


FIG.13

FIG.14

